

ソフトモード乱流の外場応答

九大工 植木達博, Fahrudin Nugroho, Rinto Anugraha, 日高芳樹, 甲斐昌一

1. 背景

線形応答理論によれば、平衡近傍の非平衡状態のマクロな物性からミクロなレベルの情報を得ることができる。しかし定常的なエネルギーの注入により平衡から大きく外れた非平衡散逸系においては、その応答理論は未だ発展途上であり、付加的な外力に対する系のマクロな応答からいかなる情報が得られるかについては今後も興味の対象となる。

2. ソフトモード乱流

液晶電気対流系におけるソフトモード乱流(SMT)(図 1)は時空カオスの一種で、方位角が Nambu-Goldstone モードとして振る舞う液晶の配向ベクトル(C ディレクタ)と、局所的な対流ロールの向きを表す波数ベクトル $\mathbf{q}$ の、2つの2次元 XY 場の相互作用によって生じ

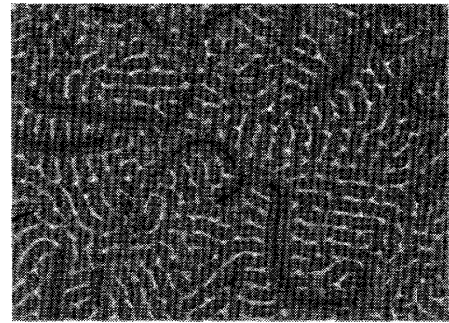


図 1: ソフトモード乱流

る非線形揺動である。またそのパターンは、局所的には対流ロールが揃った秩序構造を持つが、全体としては $\mathbf{q}$ の向きに関する時空カオスである。2次元 XY モデルの磁化の式を元にした対流パターン秩序度 M_p は、 $\mathbf{q}$ の方位角 φ 、その分布関数 $B(\varphi)$ により次式で表される¹⁾。

$$M_p = \langle \cos 2(\varphi - \langle \varphi \rangle) \rangle = \frac{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} B(\varphi) \cos 2(\varphi - \langle \varphi \rangle) d\varphi}{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} B(\varphi) d\varphi}$$

3. 研究目的

SMT に磁場を印加すると、液晶の磁化率異方性から C ディレクタの自由度が抑制され、さらに Carr-Helfrich 効果により $\mathbf{q}$ ベクトルが C ディレクタに追随するため、結果として対流パターンは磁場方向に秩序化される。本研究では、磁場に対する系の応答を M_p により定量的に評価し、2つの2次元 XY スピン系からなる SMT の非線形揺動の性質を調べることを目的としている。

4. 結果と考察

M_p の磁場(H)依存性を図 2 に示す。 M_p は磁場に対して非線形に応答し、その変化の仕方から (I) $M_p \sim 0$ (II) $M_p > 0$ (III) M_p が飽和の 3 つの領域に分類できる。(I) の領域では、磁場により C ディレクタの回転自由度が抑制されているが、 q ベクトルは C ディレクタとの非線形相互作用によりその間に角度をなしているため、 q の可動範囲が大きく、パターンは無秩序を保っている。さらに、 M_p の応答の度合いを表すパターン感受率 χ_p を次式のように定義し、

$$\chi_p \equiv \left. \frac{dM_p}{d(H^2 - H_{th}^2)} \right|_{H=H_{th}}$$

図 3(a) のグラフから系への注入エネルギーを表す印加電圧の制御パラメータ $\varepsilon = (V^2 - V_c^2) / V_c^2$ (V_c : 対流発生電圧) について求めると、図 3(b) に示すように Curie-Wiess 則と類似の関係が確認された。この結果と、過去の研究により得

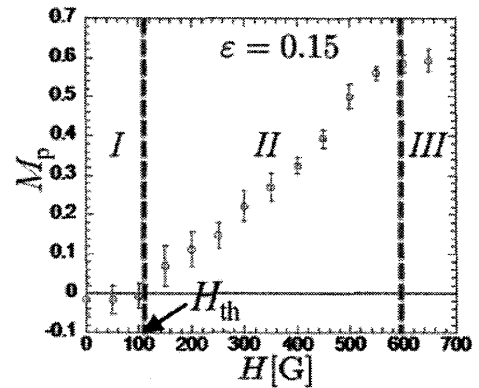


図 2: M_p - H グラフの領域分類

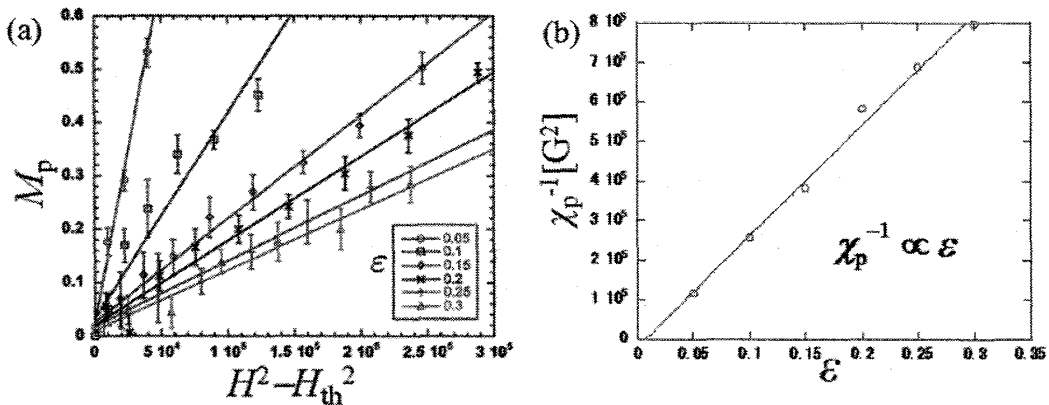


図 3: (a) M_p vs $H^2 - H_{th}^2$ (b) χ_p^{-1} vs ε

られたパターンの揺らぎの相関距離 $\xi^{-2} \propto \varepsilon$ 、揺らぎの相関時間 $\tau^{-1} \propto \varepsilon$ の関係式をあわせて考えると^{2) 3)}、SMT における非線形揺らぎの強さを表す ε が、熱揺らぎに対する温度と同じ役割を果たしているということが明らかとなった。

参考文献

- 1) R. Anugraha, K. Tamura, Y. Hidaka, N. Oikawa and S. Kai, Phys. Rev. Lett. **100** (2008), 164503.
- 2) S. Kai, K. Hayashi, Y. Hidaka, J. Phys. Chem. **100** (1996), 19007
- 3) K. Tamura, R. Anugraha, R. Matsuo, Y. Hidaka, S. Kai. JPSJ. **75** (2006), 063801.